

# 9000m 級 550mmφセラミックス耐圧容器の開発

○浅川賢一（JAMSTEC）、前田洋作（JAMSTEC）、百留忠洋（JAMSTEC）

吉田政生（京セラ）、大久保直幸（京セラ）

アルミナセラミックスを用いて、9,000mの水深で利用可能な球型耐圧容器を開発した。外径/内径/空中重量/水中重量はそれぞれ547mm/530mm/58kg/-30kgである。セラミックスはガラスと同様に脆性材料であるが、開発したセラミックス耐圧球は高い信頼性を持っている。

## 1. 初めに

セラミックスは、図1に示すように、ガラスや金属より高い圧縮強度を持っている。また、比重も比較的小さく（窒化珪素：約3.2、アルミナ：約3.8）、深海用の耐圧容器として魅力的な特長を持っている。しかし、セラミックスでは引張り強度が圧縮強度の数分の一から十分の一程度であるため、金属製耐圧容器の設計方法がそのまま適応できない。そのため、これまでセラミックスは耐圧容器の材料としてあまり利用されてこなかった。

そこで筆者らは、球型のセラミックス耐圧容器の開発を進めてきた。一般に耐圧容器では、耐圧容器外部の機器と接続するために、水中コネクタ用の貫通孔が必要となる。この貫通孔周辺には約2倍の応力集中が発生するとともに、引っ張り・曲げ応力も発生する。これらの応力を十分に低減するために、筆者らはこれまで有限要素法解析を用いて、貫通孔周辺補強部の設計方法を明らかにしてきた(1)。さらに、窒化珪素セラミックを用いて、適応水深11,000 m の自己浮上式海底地震計用耐圧容器を開発した(1)，(2)。図2はその写真である。17インチのガラス耐圧容器とほぼ同等の外径と浮力を持っている。現在、これに搭載する大水深用の超音波トランスポンダ等の開発を進めている。日本海溝での地震探査に用いる予定である。

今回、さらに大型化を目指して、アルミナセラミックスを用いた9,000m級のセラミックス耐圧球を開発した。外径/内径/空中重量/水中重量はそれぞれ 547mm / 530mm / 58kg / -30kgである。以下、その概要を紹介する。

## 2. 有限要素法による解析

今回は、コストを低減するために、材料はアルミナセラミックスA479（京セラ）を使用した。その特性を表1に示す。貫通孔は合計6個とした。

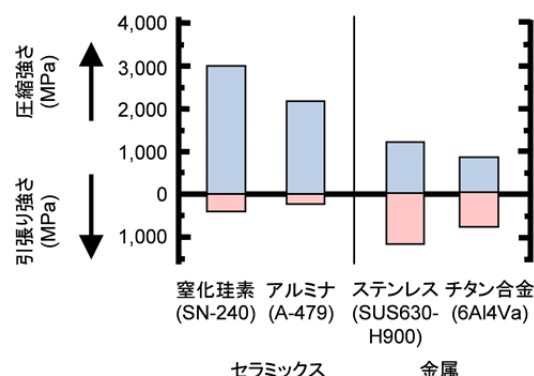


図1 セラミックスと金属の圧縮強さ引張り強さの比較

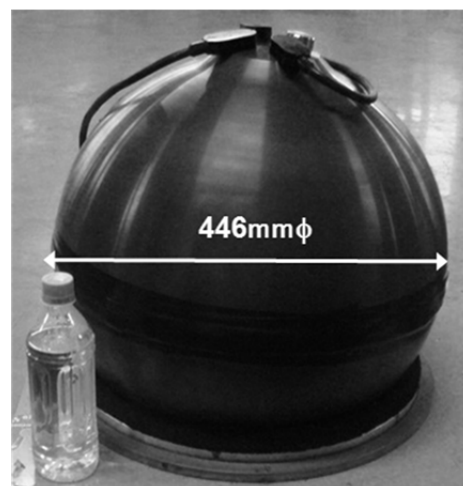


図2 11,000m 級のセラミックス耐圧容器

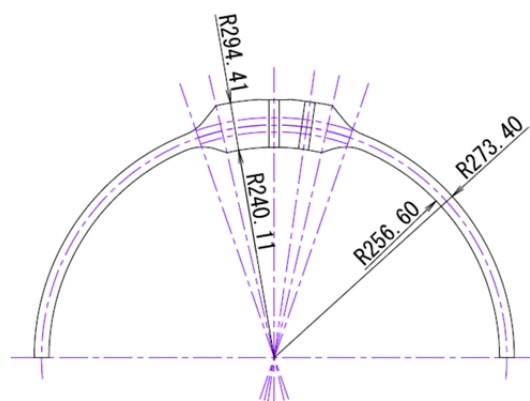


図3 9000m 級のセラミックス耐圧球上側半球の断面

内1個は吊り下げ用アイを固定するためのもので、球の頂点に配置した。貫通孔周辺の補強部設計方法は、参考文献(1)の方法を適用した。図3にその上側半球の断面図を示す。

図4と図5は有限要素法(FEM)解析結果の一例で、それぞれ上側半球内面の最小主応力と最大主応力分布を示したものである。それぞれ許容値を下回っている。

### 3. 小型模型と実機の水圧試験

実機大の耐圧容器の作成に先立って、外径110mmφの小型耐圧容器を作成し、水圧試験を行った(1)(表2)。その設計圧力は80MPaである。この小型耐圧容器は164MPaで圧壊した。ほぼ予想通りの圧壊圧力である。さらに、実機大の耐圧容器(図6)を試作し、その耐圧性能を確認した(表2)。これらの試験結果から、開発した耐圧容器は高い信頼性を持つことが確認できる。

### 4. 結語

アルミナセラミックスを用いて、9,000m級の550mm・耐圧容器を開発した。更に大型の球型耐圧容器も製作可能である。今後、球型セラミックス耐圧容器を応用した海底機器の開発を進める予定である。また、平行してセラミックスを用いた円筒型耐圧容器の開発を進めている。

### 参考文献

- (1) Kenichi Asakawa, et. al., "Ceramic Pressure-tight Housings for Ocean-bottom Seismometers Applicable to 11 km Water

表1 アルミナセラミックス A479 の主要特性

項目	値
圧縮強さ	2,160 MPa
3点曲げ強度	270 MPa
縦弾性係数	360 GPa
ポアソン比	0.23
比重	3.8 g/cm <sup>3</sup>

表2 水圧試験結果(一部)

	圧力	時間	注
繰返加圧-1	88 MPa	<1分	小型模型、257回
繰返加圧-2	112 MPa	<1分	小型模型、68回
繰返加圧-3	120MPa	<1分	小型模型、208回
長期加圧	120 MPa	167Hr	小型模型
圧壊圧力	164MPa		小型模型
通常加圧	90MPa	1h	大型耐圧球

Depth," IEEE J. of Oceanic Eng., to be published.

- (2) 浅川賢一、他「水深11,000m対応の自己浮上式海底地震計用セラミックス耐圧球の開発」、海洋調査技術学会第22回研究成果発表回講演要旨集

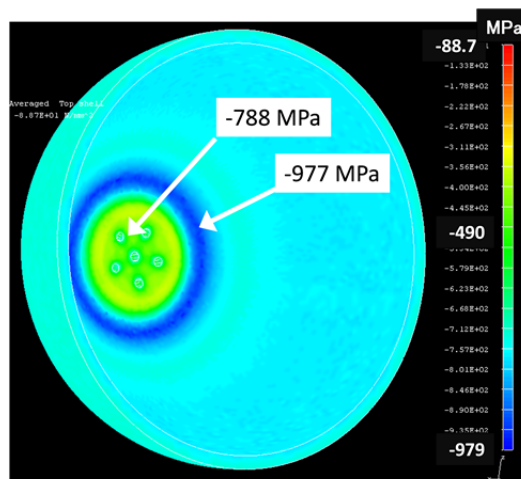


図4 内面側の最小主応力分布

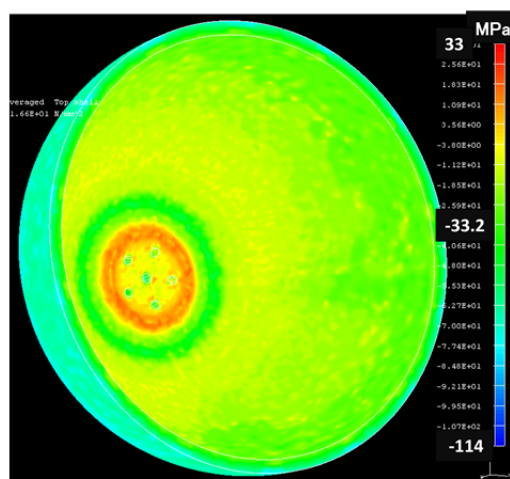


図5 内面側の最大主応力分布

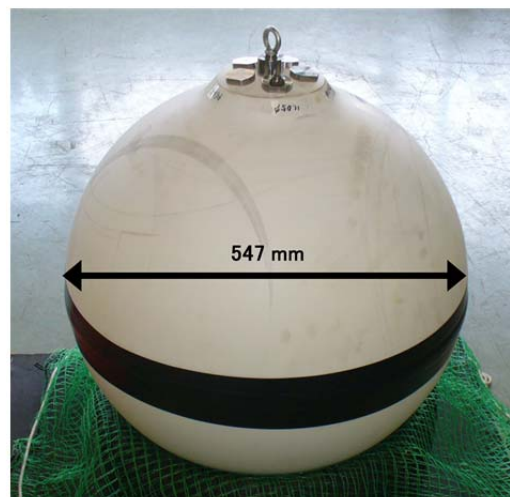


図6 試作した耐圧容器の外観